

⑫ 公開特許公報(A) 平4-195540

⑤ Int. Cl.⁵

G 06 F 9/46

識別記号

3 1 3 A

庁内整理番号

8120-5B

④ 公開 平成4年(1992)7月15日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全8頁)

⑭ 発明の名称 割り込み処理方式

⑰ 特 願 平2-327906

⑱ 出 願 平2(1990)11月28日

⑲ 発 明 者 藤 田 哲 也 東京都港区芝5丁目7番1号 日本電気株式会社内
⑳ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目7番1号
㉑ 代 理 人 弁理士 内 原 晋

明 細 書

1. 発明の名称

割り込み処理方式

2. 特許請求の範囲

(1) 情報処理装置に対する割り込み要求に応じて命令実行ユニットの走行状態を切り換える割り込み処理方式であって、

割り込み要求の中で最も高い割込レベルが命令実行ユニットの現走行レベルより高い場合にその割込レベルを新走行レベルとして出力する割込調停回路と

複数のフレームの各々に命令実行ユニットが所定の走行レベルでプログラムの実行に使用するレジスタセットの内容を含むコンテキストを保持するレジスタファイルと、

ハードウェアで定義される割込レベルの各々について、各レベルに対応するコンテキストをレジスタファイルに常駐させるか否かを示す常駐フラグと、そのコンテキストを常駐させるフレームを

示すフレーム番号とが登録されたコンテキストテーブルと、

コンテキストテーブルを参照し、割込調停回路からの新走行レベルおよび命令実行ユニットの現走行レベルに対応する常駐フラグおよびフレーム番号を調べる常駐チェック回路と、

命令実行ユニットに対し、常駐フラグが常駐である場合にはフレーム番号で示されるレジスタファイルのフレーム内のコンテキストを使用するように指示するとともに、常駐フラグが常駐でない場合には外部の記憶手段に対してコンテキストをセーブ/リストアするように指示するコンテキスト指示手段とを備えたことを特徴とする割り込み処理方式。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は情報処理装置における割り込み処理方式に関し、特に割り込み発生時のオーバーヘッドを少なくする割り込み処理方式に関する。

〔従来の技術〕

従来より、情報処理システムの中央処理装置あるいはマイクロプロセッサといった情報処理装置においては、割り込みによる処理の制御や実行プログラムの切り換えが行われている。

一般的な割り込み処理方式としては、割り込みの発生に伴って、命令実行ユニットにおける現在の走行レベルにおいて使用していたレジスタセットの内容をコンテキストとしてまとめ、このコンテキストを情報処理装置の主記憶などの記憶手段に保存（セーブ）しておくとともに、割込レベルに対応したコンテキストを記憶手段から読み出し（リストア）し、これらによりコンテキストをスイッチして各走行レベルにおけるレジスタ内容の連続性を保証している。

一方、プログラムを実行する命令実行ユニット（プロセッサ）において割り込みレベルの全てに対応する複数组のレジスタセットをハードウェアで準備し、各割り込みレベルに応じて使用するレ

方式では、走行レベル毎に使用するレジスタセットを切換えることで割り込み処理を行えるため、コンテキストの転送時間が必要なく、迅速な対応が可能である。しかし、情報処理装置においては、一般にレジスタ部のハードウェアが制御部のハードウェアに比べて著しく大きくなる。従って、多数のレジスタセットを用いようとするレジスタ部のハードウェアだけでも膨大なものとなり、コスト的な負担増加に加えて小さく実装することが困難となるという欠点がある。

本発明の目的は、処理のオーバーヘッドを小さくできるとともに、ハードウェア量を小さくできる割り込み処理方式を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

本発明は、情報処理装置に対する割り込み要求に応じて命令実行ユニットの走行状態を切り換える割り込み処理方式として、

割り込み要求の中で最も高い割込レベルが命令実行ユニットの現走行レベルより高い場合にその

レジスタセットを切り換えることにより、各々に保持されるコンテキストの連続性が保証されるようにした割り込み処理方式も採用されている。

〔発明が解決しようとする課題〕

ところで、前述したコンテキストのセーブ／リストアによる割り込み処理方式においては、プロセッサのレジスタ数が増加するにつれて、割り込みの切り換え時にプロセッサとメモリとの間で転送されるコンテキストの情報量が多くなり、割り込み処理のオーバーヘッドが大きくなる。

ところが、通信制御等のアプリケーションではその基本的な制御に割り込みのレベル制御を多用するので、その際のコンテキストのセーブ／リストアにかかる時間に対して厳しい性能が要求される。このため、割り込み処理の際のオーバーヘッドの増大は、通信制御等の高いリアルタイム応答性が要求される分野では使用が制限される等の問題がある。

一方、前述した多数のレジスタセットを用いる

割込レベルを新走行レベルとして出力する割込制御回路と

命令実行ユニットが所定の走行レベルでプログラムの実行に使用するレジスタセットの内容を含むコンテキストを保持可能なフレームを複数有するレジスタファイルと、

ハードウェアで定義される割込レベルの各々について、各レベルに対応するコンテキストをレジスタファイルに常駐させるか否かを示す常駐フラグと、そのコンテキストを常駐させるフレームを示すフレーム番号とが登録されたコンテキストテーブルと、

コンテキストテーブルを参照し、割込制御回路からの新走行レベルおよび命令実行ユニットの現走行レベルに対応する常駐フラグおよびフレーム番号を調べる常駐チェック回路と、

命令実行ユニットに対し、常駐フラグが常駐である場合にはフレーム番号で示されるレジスタファイルのフレーム内のコンテキストを使用するように指示するとともに、常駐フラグが常駐でない

場合には外部の記憶手段に対してコンテキストをセーブ／リストアするように指示するコンテキスト指示手段と、を備えて割り込み処理方式を構成したものである。

ここで、レジスタファイルの各フレームは、走行レベルに応じて選択されて命令実行ユニットが実行用のレジスタとして直接使用する構成が利用できるほか、命令実行ユニットに実行用レジスタセットを別に設ける場合には、割込レベルに応じた保存（内部セーブ）、あるいは読み出し（内部リストア）に利用する構成も利用できる。

また、レジスタファイルのフレームを直接実行用に用いる場合、1つのフレームを共用とし、他のフレームを常駐用とし、走行レベルに応じて常駐用のフレームを選択する一方、共用フレームが選択された際には当該フレームの内容を外部の記憶手段との間でセーブ／リストアするような構成も採用できる。

〔作用〕

もに、命令実行ユニットの現走行レベルに対応する常駐フラグおよびフレーム番号を調べ、各々の結果をコンテキスト指示手段に出力する。

コンテキスト指示手段は、命令実行ユニットに対し、現走行レベルの常駐フラグが「常駐」である場合には現走行レベルのフレーム番号で示されるフレームを維持し、「非常駐」の場合には現走行レベルのフレーム番号で示される共用フレーム内のコンテキストを外部の記憶手段にセーブさせるように指示する。また、新走行レベルの常駐フラグが「常駐」である場合には新走行レベルのフレーム番号で示されるフレームを実行に使用するように指示し、「非常駐」の場合には新走行レベルのフレーム番号で示される共用フレームに外部の記憶手段からコンテキストをリストアするように指示する。

従って、命令実行ユニットは、コンテキスト指示手段からの指示に基づいて、実行用のレジスタセットとして用いるフレームの切り換え、および共用フレームにおけるコンテキストのセーブ／リ

このような本発明においては、予めコンテキストテーブルに割込レベル毎の常駐フラグおよびフレーム番号を設定する。例えば、特定のレベルについては常駐フラグを「常駐」と設定するとともに、常駐として使用するレジスタファイルのフレームの番号を指定しておく。また、その他のレベルについては常駐フラグを「非常駐」と設定するとともに、共用するレジスタファイルのフレームの番号を指定しておく。

ここで、情報処理装置に対する割り込み要求があると、割り込み要求は命令実行ユニットの処理中は保留され、適当な処理の区切りで割込調停回路によって調べられる。

割込調停回路は、割り込み要求の中で最も高い割込レベルが命令実行ユニットの現走行レベルより高い場合、その割込レベルを新走行レベルとして常駐チェック回路に出力する。

常駐チェック回路は、コンテキストテーブルを参照し、割込調停回路からの新走行レベルに対応する常駐フラグおよびフレーム番号を調べるとと

スタアを行い、各々レベルに応じたコンテキストのスイッチにより割り込み要求を処理する。

このように、本発明では、常駐させた特定のレベルに関しては、コンテキストのスイッチが情報処理装置の内部的な処理として行われ、外部の記憶手段とのデータ転送等の処理を省略して処理時間の短縮が可能となる。特に、常駐させるレベルとして適宜割り込みが頻繁なレベル等を設定することにより、割り込み処理時のコンテキストのセーブ／リストアのオーバーヘッドを小さくすることができる。さらに、レジスタファイルに用いるフレームあるいはレジスタセットは、ハードウェアに基づく全ての割り込みレベルに対応する必要がなく、ハードウェアの増加を抑えながら効率よい割り込み処理を実現することができ、これにより前記目的が達成される。

〔実施例〕

次に、本発明の一実施例について図面を参照して説明する。

第1図には、本発明に基づいて割り込み処理を行う情報処理装置としてのマイクロプロセッサ1が示されている。

マイクロプロセッサ1は、外部バス2を介して主記憶としての記憶手段3が接続されているとともに、内部バス11には与えられたプログラムに基づいて処理を実行する命令実行ユニット10が接続されているとともに、命令実行ユニット10がプログラムの実行に利用するレジスタセットを含むレジスタファイル20が接続されている。

レジスタファイル20は、マイクロプロセッサ1内部の記憶領域を用いたものであり、第2図に示すように、複数ここでは4つのフレーム80~83を備えている。各フレームには命令実行ユニット10のコンテキストが走行レベル別に保持され、プログラム実行の際にレジスタ領域として使用される。このために、レジスタファイル20には命令実行ユニット10が使用するレジスタを選択するレジスタ指示RIが入力されている。

一方、命令実行ユニット10は、プログラム命令

コンテキストテーブル40は、第3図に示すように、各エントリがハードウェアで定義された割込レベル毎にレベル番号41、常駐フラグ42およびフレーム番号43が設定される。このうち、常駐フラグ42にはレベル番号41で表されたレベルに対応するコンテキストをレジスタファイル20内に常駐させるか（フラグ=1）否か（フラグ=0）が設定されており、フレーム番号43には常駐するとされたコンテキストを格納するレジスタファイル内のフレーム80~83の何れかが指定されている。常駐チェック回路32は、コンテキストテーブル40を参照し、任意のレベルLVに対応する常駐フラグRFおよびフレーム番号FNを調べてコンテキスト指示手段50に出力する。

コンテキスト指示手段50は、常駐フラグレジスタ51、セーブ／リストア指示回路52およびフレーム番号指示回路53を備えている。

セーブ／リストア指示回路52は、常駐チェック回路32から送られる常駐フラグRF=0（非常駐）の場合、命令実行ユニット10に記憶手段3と指定

の処理中あるいはマイクロプログラムの実行中に生じた外部からの割り込み要求を一時保留しておくとともに、これらの割り込み要求を処理するための割込調停回路30が接続されている。

割込調停回路30は、命令実行ユニット10における処理の区切り等の一定の区切りで保留中の割り込み要求を調べ、最も優先順位の高い割り込み要求のレベルが現在走行中のプログラムのレベルより優先順位が高い場合、命令実行ユニット10に割込許可信号IEを出力するとともに、新走行レベル信号NLをカレント走行レベルレジスタ31および常駐チェック回路32に出力する。

カレント走行レベルレジスタ31は、命令実行ユニット10における現在の走行レベルを保持し、命令実行ユニット10または割込調停回路30からの要求に応じて現走行レベルCLとして出力するものであり、割込調停回路30から新走行レベルNLが入力された際に保持した内容を更新される。

常駐チェック回路32にはコンテキストテーブル40が接続されている。

されたフレームとの間で必要なコンテキストのセーブ／リストアを行わせる。なお、常駐チェック回路32から送られた常駐フラグRFは常駐フラグレジスタ51に保持され、適宜参照することができる。

フレーム番号指示回路53は、常駐チェック回路32からのフレーム番号FNを保持する第一フレーム番号レジスタ54と、このレジスタ54がそれまで保持していた番号FN2を保持する第二フレーム番号レジスタ55とを備えるとともに、これらの何れかの内容を命令実行ユニット10からの指示FSに基づいて選択してレジスタファイル20に出力するフレーム番号選択手段56を備えている。レジスタファイル20においては、フレーム番号選択手段56から与えられるフレーム番号FNによりフレーム80~83の何れかが選択され、このフレームに対して命令実行ユニット10のアクセスが行われるように構成されている。

このように構成された本実施例においては、次のような動作が行われる。

まず、所定のソフトウェア命令によりコンテク

ストテーブル40の設定を行う。

第3図に示すように、コンテキストテーブル40はハードウェアに基づいて64の割込レベルに対応して配置されている。また、レベル番号41がLV=61, 62, 63のものに対しては、常駐フラグ42がRF=1(常駐)と設定され、それぞれフレーム番号43にはFN=11, 12, 13が割り当てられている。さらに、その他のレベルLV=0~60に対しては、常駐フラグRF=0(非常駐)とされ、それぞれ共用フレームとしてFN=10が割り当てられている。

ここで、命令実行ユニット10がユーザプログラムを実行するにあたって、カレント走行レベルレジスタ31において現走行レベルCL=63であるとすると、コンテキストテーブル40の設定からコンテキスト指示手段50の常駐フラグレジスタ51は「常駐」を示し、フレーム番号指示手段53の第一フレーム番号レジスタ54は「13」を示す。従って、命令実行ユニット10は、ユーザプログラムの実行にレジスタファイル20のフレーム13を利用する。

この状態で命令実行ユニット10に割込レベルが

込みが実現される。このため、命令実行ユニット10はマイクロプロセッサ1の外部バス2を介して記憶手段3との間でコンテキストをセーブ/リストアする必要がなく、オーバーヘッドは殆どないまでに低減される。

なお、この状態で、カレント走行レベルレジスタ31はCL=62となり、第一フレーム番号レジスタ54は「12」、第二フレーム番号レジスタ55は「13」となる。

ここで、命令実行ユニット10の割り込み処理ルーチンは、その処理の中で、割り込みを起こしたプログラムのコンテキストを調べる必要を生じることがある。このようなとき、特別なソフトウェア命令により命令実行ユニット10からの指示FSとしてフレーム番号選択手段56を切り換え、第二フレーム番号レジスタ55を参照することで割り込みが起きたときの現走行レベルCL=63を呼び出し、そのレベルに対応するレジスタファイル20のフレーム13内のコンテキストを参照することができる。

次に、命令実行ユニット10にレベルが「10」の

「62」の割り込み要求が発生したとすると、割込調停回路30は現走行レベルCL=63よりも優先順位が高いことから割込許可IEを出し、新走行レベルNL=62を設定する。

ここで、常駐チェック回路32は、コンテキストテーブル40を参照し、各レベルCL, NLの常駐状態を調べる。すなわち、現走行レベルCLについてはレベルLV=63に対応する常駐フラグRFC=1およびフレーム番号FNC=13が得られ、新走行レベルNLについては、レベルLV=62に対応する常駐フラグRFN=1およびフレーム番号FNN=12が得られる。

この場合、現走行レベルCLも新しい割込レベルNLも常駐なので、命令実行ユニット10のコンテキストスイッチはマイクロプロセッサ1の内部で行われる。すなわち、命令実行ユニット10は、現走行レベルCLに対応したフレーム13へのアクセスを中止し、代わって新走行レベルNLに対応したフレーム12を実行用に設定し、このフレーム12内のコンテキストに基づいて処理を再開することで割り

割り込み要求が発生したとする。

ここで、現走行レベルCL=62は常駐であり、コンテキストのスイッチにあたって命令実行ユニット10のコンテキストを記憶手段3にセーブする必要はないが、新走行レベルNL=10は、第3図より常駐フラグRF=0(非常駐)であり、命令実行ユニット10は記憶手段3からコンテキストをリストアしてくる必要がある。この際、リストアされるコンテキストは、レベルLV=10のフレーム番号FL=10より、レジスタファイル20のフレーム10に保持され、命令実行ユニット10はこのフレーム10を利用してプログラムの実行を再開する。

このような場合、記憶手段3からコンテキストをリストアするためのデータ転送を行う必要があるが、現在のコンテキストをセーブする必要がないため、通常のセーブ/リストアによるコンテキストスイッチ処理に比べてオーバーヘッドは半分でよいことになる。

さらに、現走行レベルCL=10で新走行レベルNL=61の場合、LV=10は非常駐(RF=0, FN=10)

でLV=61は常駐(RF=1, PN=1)であるため、命令実行ユニット10はフレーム#0内のコンテキストをセーブし、リストアなしにフレーム#1をアクセスして処理を再開する。このため、オーバーヘッドはセーブ動作分だけとなる。

また、現走行レベルCL=10で新走行レベルNL=11の場合、LV=10および11ともに非常駐(RF=0, PN=10)であるため、命令実行ユニット10はフレーム#0に対してセーブ/リストアともに実行する。この場合のみ、オーバーヘッドは従来のものと同様となる。

このような本実施例によれば、次に示すような効果がある。

すなわち、予め設定した特定のレベルに関しては、レジスタファイル20内にコンテキストを常駐させることにより、外部の記憶手段3とのセーブ/リストアを省略することができ、データ転送等に伴う割り込み処理のオーバーヘッドを解消することができる。

第1表にはセーブ/リストアの動作の形態を示

対応する必要がなく、適宜な数(前記実施例では4つ)のフレームを準備すればよい。このため、従来の各割込レベル毎にレジスタセットを配置する割り込み処理方式に比べ、ハードウェアの大型化を回避できる。

さらに、コンテキストテーブル40においてハードウェアに定義される割込レベルの全てについての設定をしておくため、各レベルに確実に対応できるとともに、常駐の設定等の自由度を確保し、かつ特定のソフトウェア命令により設定を簡単に行うことができる。

このため、アプリケーションプログラムに応じて頻繁に使われるレベルを常駐化させることで、アプリケーションファイルのフレームを有効に活用できる。一般に、ハードウェアで与えられる全ての割込レベルを使うアプリケーションは稀であるので、本実施例のように限られたレベルに対してのみ常駐をサポートすることにより運用を効率的に行うことができる。

また、第一および第二のフレーム番号レジスタ

す。

第1表

| | | 現走行レベル | |
|--------|-----|---------------------|---------------------|
| | | 常駐 | 非常駐 |
| 新走行レベル | 常駐 | セーブ/リストア 両方とも不要 | セーブのみ実行 (リストア不要) |
| | 非常駐 | リストアのみ実行 (セーブ不要) | セーブ/リストア 両方とも実行 |

このように、命令実行ユニット10の現走行レベルと割り込みによる新走行レベルが共に常駐である場合にはセーブ/リストアの両方を省略することができ、割り込み処理に要するオーバーヘッドを殆ど零にすることができるとともに、何れかのレベルが常駐であれば、従来の半分のオーバーヘッドで済むことになり、従来のセーブ/リストア式の割り込み処理方式に対して大幅な処理速度の向上を実現することができる。

また、レジスタファイル20に配置するフレームは、ハードウェアの要求に応じた全てのレベルに

54, 55を設けたため、割り込み前のコンテキストを簡単に参照することができ、処理中のプログラムの要求などにも確実に対応できる。

なお、本発明は前記実施例に限定されるものではなく、以下に示すような変形をも含むものである。

すなわち、レジスタファイル20に設定するフレームの数は4つに限らず、使用頻度が高くて常駐化したいレベルの数などに応じて適宜設定すればよい。

また、非常駐レベルで使用する共用フレームにはフレーム#0に限らず、他のフレーム#1~#3を充ててもよく、あるいは共用の頻度等に応じて共用フレームを2つ以上として非常駐レベルをグループ分けしてもよい。

さらに、コンテキストテーブル40に設定する項目としては、レベル番号41、常駐フラグ42およびフレーム番号43に限らず、各レベルをグループ分けする場合のグループ番号、あるいはセーブ/リストアする記憶手段3の装置番号等を併記しても

よく、実施にあたって適宜設定すればよい。

また、コンテキストテーブル40に設定するレベルの数は64に限らず、マイクロプロセッサ1におけるハードウェア上の設定に応じて適宜変更すればよい。

(発明の効果)

以上説明したように本発明は、プロセッサで定義される割込レベルのうち一部についてそのコンテキストをプロセッサ内部に常駐化させることにより、そのレベルのコンテキストスイッチにあたってのセーブ/リストアに伴うオーバーヘッドを小さくでき、ハードウェアの増加を抑えながら割り込み処理の高速化を実現することができる。

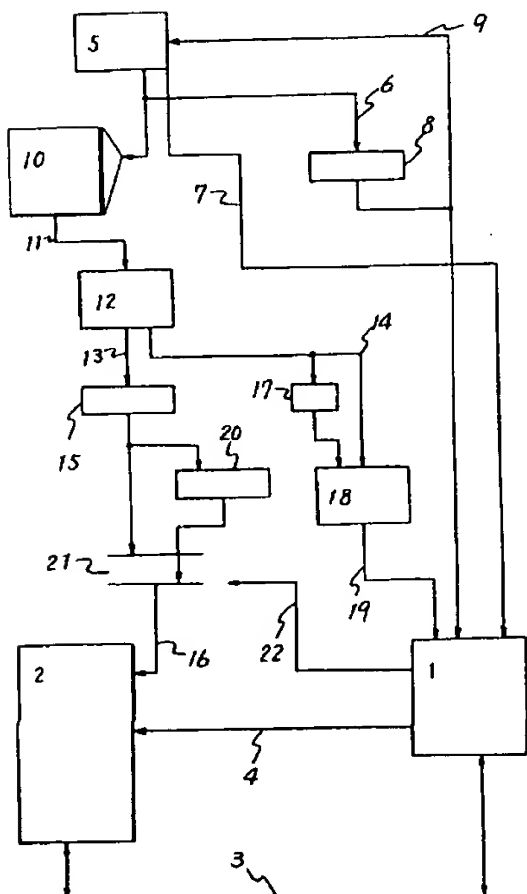
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例を示すブロック図、第2図は前記実施例で用いるレジスタファイルの構成を示す説明図、および第3図は前記実施例で用いるコンテキスト・テーブルの構成例を示す説

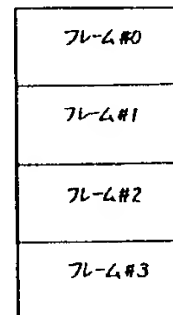
明図である。

1…情報処理装置であるマイクロプロセッサ、
2…外部バス、3…外部の記憶手段、10…命令実行ユニット、11…内部バス、20…レジスタファイル、30…割込調停回路、31…カレント走行レベルレジスタ、32…常駐チェック回路、40…コンテキストテーブル、50…コンテキスト指示手段、52…セーブ/リストア指示回路、53…フレーム番号指示回路、IE…割込許可、CL…現走行レベル、NL…新走行レベル、RF…常駐フラグ、FW…フレーム番号。

代理人 弁理士 内原 晋



第1図



第2図

| | 31 | 32 |
|-------|----|----|
| レベル00 | 0 | 0 |
| レベル01 | 0 | 0 |
| | | : |
| | | : |
| | | : |
| レベル61 | 0 | 0 |
| レベル62 | 1 | 1 |
| レベル63 | 1 | 2 |

第3図

手続補正書 (方式)

3. 4. 12

平成 年 月 日



特許庁長官殿

1. 事件の表示 平成 2年特許願 第327908号

2. 発明の名称 割り込み処理方式

3. 補正をする者

事件との関係

出願人

東京都港区芝五丁目7番1号

(423) 日本電気株式会社

代表者 関本忠弘

4. 代理人

〒108-01 東京都港区芝五丁目7 1号

日本電気株式会社内

(8591) 弁理士 内原 晋

電話 東京(03)3454-1111 (大代表)

(連絡先 日本電気株式会社 特許部)

5. 補正命令の日付

平成 3年 3月12日 (発送日)

| スイッチ 後のレベル | スイッチ前の レベル | |
|---------------|----------------------|------------------------|
| | 常駐 | 非常駐 |
| 常駐 | SAVE, RESTORE は不要 | SAVEのみ 行う |
| 非常駐 | RESTOREのみ 行う | SAVE, RESTORE ともに行う |

第4図

6. 補正の対象

明細書の「図面の簡単な説明」の欄

7. 補正の内容

- (1) 第23頁下から2行目の記載「および」を削除します。
- (2) 第24頁1行目の記載「である。」を「および第4図は本実施例における動作の形態を示す図である。」と訂正します。

代理人 弁理士 内原 晋